



(19)

(11) Publication number: **09330892 A**

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **09013949**(51) Intl. Cl.: **H01L 21/302 C23F 4/00 G01C 19/56 G01P 9/04 H01L 41/08 H01L 41/22 H01L 49/00**(22) Application date: **28.01.97**(30) Priority: **11.04.96 JP 08 89210**(43) Date of application
publication: **22.12.97**(84) Designated contracting
states:(71) Applicant: **NIPPON SOKEN INC
DENSO CORP**(72) Inventor: **MATSUHIRO YASUSHI
ASAUMI KAZUSHI
YOSHINO YOSHI**

(74) Representative:

**(54) MANUFACTURE OF
SEMICONDUCTOR DEVICE**

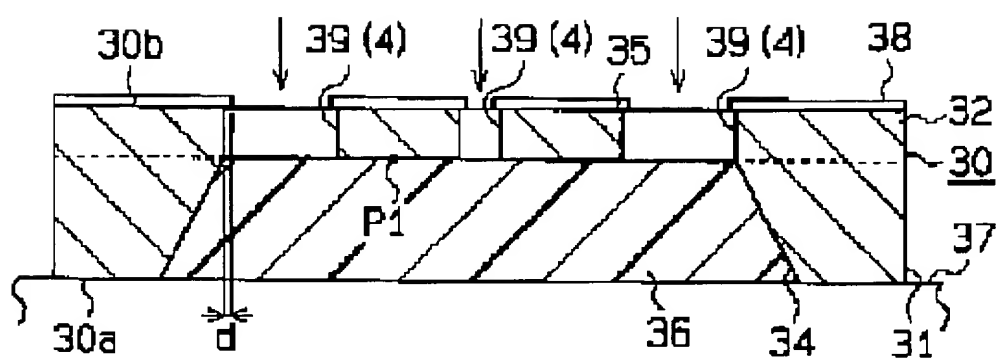
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid becoming worse of processing accuracy of dry etching for a semiconductor wafer.

SOLUTION: A prescribed region is etched from a first surface 30a of a silicon substrate 30 so as to form a recessed part 34 and to form a thin thickness part 35 on the bottom part of the recessed part 34. While supplying water vapor for reaction by filling the thermocuring type silicone resin 36 as a medium made of a thermally conductive material inside the recessed part 34, heat curing treatment at 100°C and for 30min is performed. Later, a through hole 39 is formed through the thin thickness part 35 by performing dry etching of a prescribed region from a second surface 30b to the thin thickness part 35 in the silicon substrate 30. At the

time of dry etching heat escapes through silicone resin 36 provided inside the recessed part 34. Then, silicone resin 36 is removed.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-330892

(43) 公開日 平成9年(1997)12月22日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/302			H 0 1 L 21/302	Z
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
G 0 1 C 19/56		9402-2F	G 0 1 C 19/56	
G 0 1 P 9/04			G 0 1 P 9/04	
H 0 1 L 41/08			H 0 1 L 49/00	Z
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平9-13949

(22) 出願日 平成9年(1997)1月28日

(31) 優先権主張番号 特願平8-89210

(32) 優先日 平8(1996)4月11日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004695

株式会社日本自動車部品総合研究所
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 松廣 泰

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会
社日本自動車部品総合研究所内

(72) 発明者 浅海 一志

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会
社日本自動車部品総合研究所内

(74) 代理人 弁理士 恩田 博宣

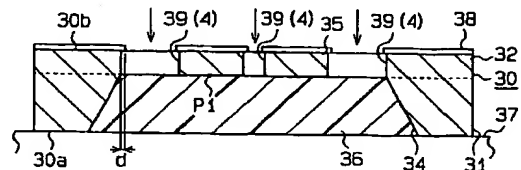
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体基板に対するドライエッチングの加工精度の悪化を回避する。

【解決手段】 シリコン基板30の第1の表面30aから所定領域をエッチングして凹部34を形成し当該凹部34の底部に薄肉部35を形成する。凹部34内に、熱的に良導な材料よりなる媒体としての熱硬化型シリコーン樹脂36を充填し反応のための水蒸気を供給しながら100℃、30分の熱硬化処理を行う。その後、シリコン基板30における第2の表面30bから薄肉部35で所定領域をドライエッチングして薄肉部35を貫通する貫通孔39を形成する。ここで、ドライエッチングの際に、凹部34内に配置したシリコーン樹脂36を通して熱が逃げる。そして、シリコーン樹脂36を除去する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板に形成した薄肉部の一方の面に接するように熱的に良導な材料よりなるゲル状またはオイル状媒体を配した状態で、前記薄肉部の他方の面から所定領域をドライエッチングして前記薄肉部を貫通する貫通孔を形成する工程と、前記媒体を除去する工程と、を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記媒体の配置は、硬化前の液体の媒体を薄肉部の一方の面に接するように配し、当該媒体を硬化することにより行うようにした請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 半導体基板の第1の表面から所定領域をエッチングして凹部を形成し当該凹部の底部に薄肉部を形成する工程と、

前記凹部内に熱的に良導な材料よりなるゲル状またはオイル状媒体を充填した状態で、前記半導体基板の第2の表面から前記薄肉部での所定領域をドライエッチングして前記薄肉部を貫通する貫通孔を形成する工程と、前記媒体を除去する工程と、を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記媒体の配置は、硬化前の液体の媒体を凹部内に充填し、当該媒体を硬化することにより行うようにした請求項3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 半導体基板に形成した薄肉部の一方の面に隔壁となる分離膜を形成する工程と、

前記薄肉部での分離膜形成面に冷却用流体を供給しながら、前記薄肉部での所定領域をドライエッチングして前記薄肉部を貫通する貫通孔を形成する工程と、

前記分離膜を除去する工程と、を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項6】 半導体基板の第1の表面から所定領域をエッチングして凹部を形成し当該凹部の底部に薄肉部を形成する工程と、

前記凹部の内壁面に、隔壁となる分離膜を形成する工程と、

前記凹部内に冷却用流体を供給しながら、前記半導体基板の第2の表面から前記薄肉部での所定領域をドライエッチングして前記薄肉部を貫通する貫通孔を形成する工程と、

前記分離膜を除去する工程と、を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項7】 前記ドライエッチングは、反応性イオンエッチングにより行うものである請求項1～6のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】 前記ゲル状媒体は、シリコン樹脂である請求項1～4のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】 前記媒体は、低蒸気圧液体である請求項1～4のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記低蒸気圧液体は、フッ素系高分子オイルまたはシリコン系高分子オイルである請求項9に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 前記冷却用流体は、気体である請求項5または6に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】 前記冷却用気体は、不活性ガスである請求項12に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】 冷却用流体は、液体である請求項5または6に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体装置の製造方法に係り、詳しくは、ドライエッチングを用いて半導体装置を製造するための技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】角速度センサとして圧電振動型ジャイロを用いるものがあり、この種のセンサをシリコンマイクロマシン技術を用いて形成することが知られている（特開平6-147903号公報等）。この技術について言及すると、シリコン基板に形成した薄肉部に対しエッチングにより貫通孔を形成しカンチレバーよりなる振動子を形成するものであり、より詳しくは、シリコン基板を両面からエッチングして振動子を形成するものである。ここで、エッチングは、（1）シリコン基板の面内の加工（面内エッチング）と、（2）厚さ方向の加工（厚さエッチング）とに大別できる。（1）のシリコン基板の面内加工（面内エッチング）は、通常の半導体デバイスで用いられるのと同様なフォトリソグラフィ技術によりレジスト形状を直接エッチングするものであり、形状自由度が高く、エッチング条件も通常の半導体デバイスの加工に準じた方法が適用しやすい。又、（2）の厚さ方向の加工（厚さエッチング）は、レジスト形状の直接加工は難しく、ウェハの厚さ方向に予め作り込んだ犠牲層、エッチングストップ層、PN接合を利用するか、時間管理によるエッチング量の制御により形状を決定するものであり、エッチング量（面積・深さ）が通常の半導体デバイスの加工に比べて多く、スループットを重視するとエッチング条件も厳しいものになりやすい。

【0003】このような特徴を有するため、（1）の面内エッチングは、ドライエッチングにより表面から加工し、（2）の厚さエッチングは、ウェットエッチングにより裏面から加工することが多い。よって、シリコン基板を両面からエッチングして振動子を形成する際には、図18に示すように、シリコン基板60に対し面内エッチングを施して凹部61を形成した後に、図19に示すように、シリコン基板60に対し厚さエッチングを施して凹部62を形成して貫通孔とする。あるいは、図20に示すように、シリコン基板63に対し厚さエッチングを施して凹部64を形成した後に、図21に示すように、シリコン基板63に対し面内エッチングを施して貫

通孔65を形成する。

【0004】ここで2つのエッチング方法を比較すると、図18、19にて示した方法では厚さエッチング時に面内エッチングの終了した凹部61、即ち、貫通孔となった箇所からエッチング液やガスが進入し、基板の表面や凹部61の側面の意図しないエッチングや面荒れが発生しやすい。又、図20、21にて示した方法では裏面から厚さエッチングを行なって薄肉部66を形成し表面から面内エッチングを行なうので、表面に形成される素子や配線が条件の厳しい厚さエッチングに曝されずに済む利点がある。よって、図20、21にて示した方法を用いてセンサの製造が行われる。

【0005】しかしながら、図20、21にて示した方法を用いて基板に形成した薄肉部66に対しドライエッチングを行うと、以下の理由により局所的な温度上昇が起こる。即ち、図22に示すように、厚さエッチングにより形成された薄肉部66の伝熱面積はエッチングされない部分の伝熱面積より小さいため熱が基台67側に流れにくい。又、図23に示すように、面内エッチングを実施するとエッチングの進行につれて更に伝熱面積が小さくなり熱が基台67側に流れにくい。

【0006】このような局所的な温度上昇によりエッチングガス及びラジカルとシリコン基板（ウェハ）との反応速度が上昇してしまう。その結果、サイドエッチングレートの増大を招いたり、熱応力によりシリコン基板63や薄肉部66が変形したり、エッチングマスクの端部荒れおよび後退を招いてしまい、面内エッチングの精度が悪化してしまう。

【0007】特開平1-251735号公報、特開平6-112302号公報、特開平7-24986号公報等には、チャンバ内において載置台の上に基板を配置し、エッチングの際に載置台において基板に対し冷却用ガスを供給して基板を冷却する技術が開示されている。この技術を用いて貫通孔形成のためのエッチング時に冷却用ガスを基板に対し供給することが考えられるが、このようにすると貫通孔が基板に貫通した際に、冷却用ガスがエッチングチャンバ内に侵入してしまい正常なエッチングを行うことができず加工精度の悪化を招く。

【0008】又、通常のドライエッチング装置で用いる基板（ウェハ）の冷却方法として、基板の裏面を冷却機能を有するステージに密着させる方法がある。これは、特開平8-165571号公報に開示されているように、載置台の上面に柔軟性シートにて冷媒を密封し、この上にゴム状弾性体を介して基板を配置し、エッチングの際に冷媒にて基板を冷却するものである。この技術を用いて貫通孔形成のためのエッチングを行うことが考えられるが、このようにすると図20のシリコン基板63に凹部64を形成した後に冷媒密封用柔軟性シートの上にゴム状弾性体を介して基板を配置することとなるが、このとき、図20のシリコン基板63の凹部64の内部

を埋め尽くすように冷媒密封用柔軟性シートおよびゴム状弾性体を配置することができず、冷却性に劣ることになり、加工精度の悪化を招く。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、その目的は、半導体基板に対するドライエッチングの加工精度の悪化を回避することができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0010】

10 【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明によれば、半導体基板に形成した薄肉部の一方の面に接するように熱的に良導な材料よりなるゲル状またはオイル状媒体が配された状態で、薄肉部の他方の面から所定領域がドライエッチングされて薄肉部を貫通する貫通孔が形成され、その後、充填物が除去される。ここで、ドライエッチングの際に、ゲル状またはオイル状媒体を通して熱が逃げる。よって、局所的な温度上昇が起こらないため、エッチング加工精度の悪化を回避することができる。

20 【0011】又、特開平1-251735号公報等に記載された技術を用いて貫通孔形成のためのエッチング時に冷却用ガスを基板に対し供給しようすると貫通孔が基板に貫通した際に、冷却用ガスがエッチングチャンバ内に侵入してしまい正常なエッチングを行うことができなかったが、本発明によれば、ゲル状またはオイル状の媒体を用いているので、貫通孔が基板に貫通した際に、媒体がエッチングチャンバ内に侵入することもない。

30 【0012】特に、請求項2に記載の発明のように、媒体の配置を、硬化前の液体の媒体を薄肉部の一方の面に接するように配し、当該媒体を硬化することにより行うと、特開平8-165571号公報に記載の技術を用いて貫通孔形成のためのエッチングを行おうとすると図20のシリコン基板63の凹部64の内部を埋め尽くすように冷媒密封用柔軟性シートおよびゴム状弾性体を配置することができず冷却性に劣ることとなってしまうが、本発明においては液体の媒体を配し硬化させるのでシリコン基板に密着した状態とすることができ冷却性の向上を図ることができる。

40 【0013】請求項3に記載の発明によれば、半導体基板の第1の表面から所定領域がエッチングされて凹部が形成され当該凹部の底部に薄肉部が形成される。そして、凹部内に熱的に良導な材料よりなるゲル状またはオイル状媒体を充填した状態で、半導体基板の第2の表面から前記薄肉部での所定領域をドライエッチングして薄肉部を貫通する貫通孔が形成される。最後に、媒体が除去する

ここで、ドライエッチングの際に、凹部内に配置した媒体を通して熱が逃げる。よって、局所的な温度上昇が起こらないため、エッチング加工精度の悪化を回避することができる。

【0014】又、特開平1-251735号公報等に記載された技術を用いて貫通孔形成のためのエッチング時に冷却用ガスを基板に対し供給しようとする貫通孔が基板に貫通した際に、冷却用ガスがエッチングチャンパ内に侵入してしまい正常なエッチングを行うことができなかったが、本発明によれば、ゲル状またはオイル状の媒体を用いているので、貫通孔が基板に貫通した際に、媒体がエッチングチャンパ内に侵入することもない。

【0015】特に、請求項4に記載の発明のように、媒体の配置は、硬化前の液体の媒体を凹部に充填し、当該媒体を硬化することにより行くと、特開平8-165571号公報に記載の技術を用いて貫通孔形成のためのエッチングを行おうとすると図20のシリコン基板63の凹部64の内部を埋め尽くすように冷媒密封用柔軟性シートおよびゴム状弾性体を配置することができず冷却性に劣ることとなってしまうが、本発明においては液体の媒体を充填し硬化させるのでシリコン基板の凹部の内部を埋め尽くすことができる。その結果、冷却性の向上を図ることができる。

【0016】請求項5に記載の発明によれば、半導体基板に形成した薄肉部の一方の面に隔壁となる分離膜が形成され、薄肉部での分離膜形成面に冷却用流体を供給しながら、薄肉部での所定領域がドライエッチングされて薄肉部を貫通する貫通孔が形成され、その後、分離膜が除去される。ここで、ドライエッチングの際に、隔壁となる分離膜にて密閉状態となり冷却用流体が供給され、この冷却用流体を介して放熱される。よって、局所的な温度上昇が起らないため、エッチング加工精度の悪化を回避することができる。

【0017】又、特開平1-251735号公報等に記載された技術を用いて貫通孔形成のためのエッチング時に冷却用ガスを基板に対し供給しようとする貫通孔が基板に貫通した際に、冷却用ガスがエッチングチャンパ内に侵入してしまい正常なエッチングを行うことができなかったが、本発明によれば、分離膜により分離されているので貫通孔が基板に貫通した際に、媒体がエッチングチャンパ内に侵入することもない。

【0018】又、特開平8-165571号公報に記載の技術を用いて貫通孔形成のためのエッチングを行おうとすると図20のシリコン基板63の凹部64の内部を埋め尽くすように冷媒密封用柔軟性シートおよびゴム状弾性体を配置することができず冷却性に劣ることとなってしまうが、本発明によれば、基板に接する分離膜を介して冷却用流体を供給しているため冷却性の向上を図ることができる。

【0019】請求項6に記載の発明によれば、半導体基板の第1の表面から所定領域がエッチングされて凹部が形成され当該凹部の底部に薄肉部が形成される。そして、凹部の内壁面に、隔壁となる分離膜が形成され、凹部内に冷却用流体を供給しながら、半導体基板の第2の

表面から薄肉部での所定領域がドライエッチングされて薄肉部を貫通する貫通孔が形成される。さらに、分離膜が除去される。

【0020】ここで、ドライエッチングの際に、隔壁となる分離膜にて密閉状態となった凹部内に冷却用流体が供給され、この冷却用流体を介して放熱される。よって、局所的な温度上昇が起らないため、エッチング加工精度の悪化を回避することができる。

【0021】又、特開平1-251735号公報等に記載された技術を用いて貫通孔形成のためのエッチング時に冷却用ガスを基板に対し供給しようとする貫通孔が基板に貫通した際に、冷却用ガスがエッチングチャンパ内に侵入してしまい正常なエッチングを行うことができなかったが、本発明によれば、分離膜により分離されているので貫通孔が基板に貫通した際に、媒体がエッチングチャンパ内に侵入してすることもない。

【0022】又、特開平8-165571号公報に記載の技術を用いて貫通孔形成のためのエッチングを行おうとすると図20のシリコン基板63の凹部64の内部を埋め尽くすように冷媒密封用柔軟性シートおよびゴム状弾性体を配置することができず冷却性に劣ることとなってしまうが、本発明によれば、基板に接する分離膜を介して冷却用流体を供給しているため冷却性の向上を図ることができる。

【0023】請求項1～6のいずれか1項に記載の発明において、ドライエッチングとして反応性イオンエッチングを用いることができる。又、請求項1～4のいずれか1項に記載の発明において、シリコン樹脂等のゲル状媒体を用いると、その柔軟性により熱応力による半導体基板への悪影響を抑制できる。

【0024】又、請求項1～4のいずれか1項に記載の発明において、媒体として低蒸気圧液体（例えば、フッ素系高分子オイルやシリコン系高分子オイル）を用いると、ドライエッチングのときに熱が加わっても気化しにくくエッチング環境を保持できる。

【0025】又、請求項5または6に記載の発明において、冷却用流体として気体（例えば、不活性ガス）を用いることができる。又、請求項5または6に記載の発明において、冷却用流体として液体を用いることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

（第1の実施の形態）以下、この発明の第1の実施の形態を図面に従って説明する。

【0027】本実施の形態ではシリコンマイクロマシン技術を用いた半導体角速度センサに具体化している。半導体角速度センサを図1に示す。シリコン基板1における四角枠部2の内方に振動子3を備えている。

【0028】図2は、振動子3を示す拡大図である。図2において、3軸直交座標系として、左右方向をX方向

(X軸)とし、前後方向をY方向(Y軸)とし、上下方向をZ方向(Z軸)とする。

【0029】以下、詳細に説明する。図1に示すように、本センサは所定の厚さ t_1 を有するシリコン基板1を用いて構成されている。シリコン基板1における所定領域に貫通孔4が形成され、この貫通孔4により四角枠部2および音叉型の振動子3が区画形成されている。又、振動子3は立設された状態で使用される。ここで、振動子3は、肉厚が厚い四角枠部2に比べ肉厚が薄い薄肉部となっている。

【0030】図2において、振動子3は、上下に互いに平行に延びるアーム部5、6と、このアーム部5、6と四角枠部2とを連結する連結部7とからなる。さらに、アーム部5は、長方形をなす幅広アーム部8と、幅狭アーム部9と、質量部10とからなる。同様に、アーム部6は、長方形をなす幅広アーム部11と、幅狭アーム部12と、質量部13とからなる。

【0031】連結部7はT字形をなし、四角枠部2の上面からは連結部7の垂直部7aが上方に延び、垂直部7aの上端部から左右方向に水平部7bが延びている。水平部7bの左端の上面から幅広アーム部8が上方に延びるとともに、水平部7bの右端の上面から幅広アーム部11が上方に延びている。

【0032】さらに、長方形の幅広アーム部8の上端からは幅狭アーム部9が上方に延設され、その上端には方形をなす質量部10が上方に延設されている。同様に、長方形の幅広アーム部11の上端からは幅狭アーム部12が上方に延設され、その上端には方形をなす質量部13が上方に延設されている。

【0033】振動子3の連結部7の水平部7bにおける正面には、上下に一对の駆動用圧電素子14、15が配置されている。この第1および第2の駆動用圧電素子14、15は帯状をなし、左右方向(X方向)に延び、かつ両駆動用圧電素子14、15は平行に配置されている。この圧電素子14、15は、図2の側面図(A矢視図)である図3に示すように、電極用薄膜16、17の間に圧電材料よりなる薄膜18を挟み込んだ積層構造をなしている。

【0034】又、図2に示すように、振動子3の幅広アーム部8における正面には、検知用圧電素子19が配置されている。同様に、振動子3の幅広アーム部11における正面には、検知用圧電素子20が配置されている。検知用圧電素子19、20は長方形をなしている。圧電素子19、20は、図2のIV-IV断面である図4に示すように、電極用薄膜21、22の間に圧電材料よりなる薄膜23を挟み込んだ積層構造をなしている。

【0035】圧電素子14、15、19、20における薄膜圧電性材料(18、23)としてはZnO等が用いられ、このZnO等の薄膜はスパッタリングにて成膜される。又、駆動用圧電素子14、15は、接地電位に対

しプラス電圧の印加により伸長するとともに、マイナス電圧の印加により収縮する特性を有している。

【0036】又、図1に示すように、シリコン基板1には駆動回路24と信号処理回路25とが半導体製造技術を用いて一体的に形成され、ワンチップ化されている。図3に示すように、第1および第2の駆動用圧電素子14、15は駆動回路24とアルミ薄膜等により電気的に接続されている。詳しくは、第1の駆動用圧電素子14の電極用薄膜17と第2の駆動用圧電素子15の電極用薄膜16とは接地され、第1の駆動用圧電素子14の電極用薄膜16には交流信号(サイン波)SG1が出力される。この駆動信号SG1の振幅の中心は接地電位となっている。又、第2の駆動用圧電素子15の電極用薄膜16には前記交流信号SG1とは逆相の交流信号(サイン波)SG2が出力される。

【0037】図4に示すように、検知用圧電素子19、20が信号処理回路25とアルミ薄膜等により電気的に接続され、検知用圧電素子19、20からの電気信号が信号処理回路25に伝えられる。詳しくは、検知用圧電素子19、20の各電極用薄膜21、22が信号処理回路25と電気的に接続され、振動子3の幅広アーム部8、11での前後方向(Y方向)の変位を電気信号として送る。

【0038】この角速度センサによる角速度の測定原理を説明する。図3の駆動回路24において第1の駆動用圧電素子14と第2の駆動用圧電素子15とに逆相の交流信号(駆動信号)SG1、SG2が出力される。すると、図5(a)に示すように、下側の第1の駆動用圧電素子14が収縮動作するとともに上側の第2の駆動用圧電素子15が伸長動作する。この動作は同時に(同期して)起こる。この駆動用圧電素子14、15の収縮および伸長動作により、アーム部5、6の上端側は左右方向(X方向)において互いに離間する方向に大きく変位する。

【0039】又、図5(b)に示すように、上側の第2の駆動用圧電素子15が収縮動作するとともに下側の第1の駆動用圧電素子14が伸長動作する。この動作は同時に(同期して)起こる。この駆動用圧電素子14、15の伸長および収縮動作により、アーム部5、6の上端側は左右方向(X方向)において互いに接近する方向に大きく変位する。

【0040】この図5(a)と図5(b)の動作、即ち、第1および第2の駆動用圧電素子14、15の伸縮動作が繰り返されることにより、アーム部5、6は左右方向(X方向)に振動する。この振動が駆動振動(励振動作)となる。

【0041】このような振動子3の励振動作中において図2に示すように、振動子3の中心軸L1に回転角速度 Ω が加わると、前後方向(Y方向)にコリオリの力(振動成分)が発生する。この振動成分が、検知用圧電素子

19, 20にて検出されて信号処理回路25に送られる。信号処理回路25はこの信号を差動増幅等の処理を行い角速度の大きさを示す信号として出力する。

【0042】次に、このように構成した半導体角速度センサの製造方法を、図6～図10を用いて説明する。尚、図6～図10は図1でのB-B断面を示す。まず、図6に示すように、p型シリコン基板31の上にn型エピタキシャル層32を形成したシリコン基板30を用意する。より詳しくは、図11のようにシリコンウェハ(30)を用意する。

【0043】このシリコン基板30には、駆動回路24と信号処理回路25を構成するための素子、および、圧電素子14, 15, 19, 20が形成されるとともに、アルミ配線等が施されている。そして、p型シリコン基板31の表面(シリコン基板30の第1の表面30a)にマスク材33を配置し、図7に示すように、KOH等をエッチング液としたウェットエッチングを行い所定領域のp型シリコン基板31を除去する。このエッチングにより凹部34が形成され、凹部34の底面にn型エピタキシャル層32よりなる薄肉部35が形成される。より詳しくは、図12のようにシリコンウェハ30における所定領域に多数の凹部34が形成され、これら凹部34の底面にセンサチップ毎の薄肉部35が形成される。

【0044】ここで、薄肉部35は、図1に示す振動子3となるものであり、厚肉部が図1の四角棒部2となる。さらに、図8に示すように、凹部34内に硬化前の熱硬化型シリコン樹脂(媒体)36を充填する。より詳しくは、図13のようにシリコンウェハ30における各凹部34内に硬化前の熱硬化型シリコン樹脂36を充填する。この充填時において、硬化前の熱硬化型シリコン樹脂36は液体であるので、凹部34内に隙間なく埋設される。

【0045】そして、熱硬化型シリコン樹脂36に対し、反応のための水蒸気を供給しながら100℃、30分の熱硬化処理を行う。このようにして形成されたシリコン樹脂36は、熱的に良導な材料であり、ゲル状である。このようにして、シリコン基板30に形成した薄肉部35の一方の面に接するようにシリコン樹脂36(熱的に良導な材料よりなるゲル状媒体)が配され、薄肉部35の他方の面が後記するドライエッチングの開始面となる。

【0046】尚、用いるシリコン樹脂としては熱硬化型シリコン樹脂ではなく硬化剤を添加したシリコン樹脂を用い、この硬化前の液体の樹脂を各凹部34内に充填し、室温で長時間放置することにより硬化しゲル状にしてもよい。

【0047】その後、図9に示すように、ステージ(サセプタ; 基台)37の上にシリコン樹脂36が下側になるようにシリコン基板30を配置する。そして、n型エピタキシャル層32の表面(シリコン基板30の第2

の表面30b)から反応性イオンエッチング(RIE)によりフォトリソグラフィ技術を用いてn型エピタキシャル層32をエッチングする。即ち、n型エピタキシャル層32の表面にマスク材38を配置し、ドライエッチングを行う(面内エッチングを行なう)。このエッチングにより、貫通孔39が形成され、この貫通孔39は図1の貫通孔4に相当するものである。

【0048】このドライエッチング工程において、イオン衝撃や反応性イオンあるいはラジカルの反応により貫通孔39が形成されるが、貫通孔39の形成箇所には熱が発生する。その熱はシリコン樹脂36を通してステージ(基台)37側に逃げ、局部的な温度上昇を招くことはない。つまり、凹部34内に埋設されたシリコン樹脂36は熱伝導経路として作用し、シリコン基板30における薄肉部35の形成領域での伝熱断面積を他の領域と同等またはそれ以上にして熱を逃がすことができる。よって、ラジカル等とシリコン基板30との反応速度が上昇することもなく、サイドエッチングレートの増大を回避できるとともに、熱応力によるシリコン基板30や薄肉部35が変形することもなく、さらに、エッチングマスクの端部荒れおよび後退を招くこともない。又、エッチング終了(貫通)後もシリコン樹脂36が伝熱経路となり薄肉部35の形成領域での局部的な温度上昇が発生しない。このようにして、面内エッチングの精度の悪化が未然に防止できる。

【0049】ここで、貫通孔39はその深さが約100μmである。そして、マスク材38の端部と貫通孔39の端部とのギャップ(いわゆるサイドエッチング幅)dとエッチング深さは、

(サイドエッチング幅)/(エッチング深さ)<10である。又、エッチング中において、薄肉部35の裏面P1での温度上昇は、最大180℃であった。比較のために説明すると、凹部34内にシリコン樹脂36を充填せずにドライエッチングすると、

(サイドエッチング幅)/(エッチング深さ)≒2であり、又、エッチング中において、薄肉部35の裏面P1での温度上昇は、最大250℃にも達した。

【0050】このように貫通孔39を形成した後において、図10に示すように、凹部34内に充填されたシリコン樹脂36を剥離液により剥離する。その後、シリコンウェハ30をダイシングして各チップ毎に裁断することにより、図1に示す半導体角速度センサが製造される。

【0051】このように、本実施の形態は、以下の(イ)～(ハ)の特徴を有する。

(イ)半導体基板としてのシリコン基板30の第1の表面30aから所定領域をエッチングして凹部34を形成し当該凹部34の底部に薄肉部35を形成し、凹部34内に、熱的に良導な材料よりなるゲル状媒体としてのシリコン樹脂36を配した状態で、シリコン基板30の

第2の表面30bから薄肉部35での所定領域をドライエッチングして薄肉部35を貫通する貫通孔39を形成し、シリコン樹脂36を除去した。ここで、ドライエッチングの際に、凹部34内に配したシリコン樹脂36を通して熱が逃げる。よって、局所的な温度上昇が起こらないため、シリコン基板30に形成した薄肉部35に対するドライエッチングの加工精度の悪化を回避することができる。

【0052】又、面内エッチングの終点時近くでは各貫通孔形成領域毎にエッチング速度は均一ではなく、エッチング速度にバラツキがあり、エッチング終了（貫通）している部分とエッチング終了していない部分が存在し局所的に高温になる箇所ができてしまうが、このような場合においても、エッチング終了（貫通）している部分においてシリコンによる伝熱面積が減少してしまうがシリコン樹脂36の存在により、伝熱面積を確保でき基板の温度上昇を抑制できる。

【0053】又、特開平1-251735号公報等に記載された技術を用いて貫通孔形成のためのエッチング時に冷却用ガスを基板に対し供給しようとする貫通孔が基板に貫通した際に、冷却用ガスがエッチングチャンバ内に侵入してしまい正常なエッチングを行うことができなかったが、本実施形態によれば、ゲル状の媒体を用いているので、貫通孔が基板に貫通した際に、媒体がエッチングチャンバ内に侵入することもない。

（ロ）通常のドライエッチング装置で用いる基板（ウェハ）の冷却方法として、基板の裏面を冷却機能を有するステージ37に密着させることも考えられるが、このようにしようとしても、薄肉部35を有するシリコン基板30においては薄肉部35の裏面までステージ37に密着させることができない。これに対し、本実施の形態では、確実に放熱させることができる。

【0054】つまり、媒体であるシリコン樹脂36の配置は、硬化前の液体の媒体36を凹部34内に充填することにより薄肉部35の一方の面に接するようにし、当該媒体36を硬化することにより行っている。よって、特開平8-165571号公報に記載の技術を用いて貫通孔形成のためのエッチングを行おうとすると図20のシリコン基板63の凹部64の内部を埋め尽くすように冷媒密封用柔軟性シートおよびゴム状弾性体を配置することができず冷却性に劣ることとなってしまうが、本実施の形態においては液体の媒体36を充填し硬化させるので、シリコン基板の凹部の内部を埋め尽くすことができ、冷却性の向上を図ることができる。特に、図12に示すように多数の凹部34を有するシリコンウェハ30に対して各凹部34内に媒体36を隙間なく充填できる。

（ハ）凹部34内に充填する充填物はゲル状であるシリコン樹脂を用いており、その柔軟性により熱応力によるシリコン基板30への悪影響を抑制できる。

（第2の実施の形態）次に、第2の実施の形態を、第1の実施の形態との相違点を中心に説明する。

【0055】図14、15は、本実施の形態を示す工程図である。まず、図6、7に示したように、p型シリコン基板31の上にn型エピタキシャル層32を形成したシリコン基板（ウェハ）30に対し、凹部34を形成して凹部34の底部にn型エピタキシャル層32よりなる薄肉部35を形成する。

【0056】さらに、図14に示すように、フッ素系高分子オイル41を入れたトレイ40を用意し、このトレイ40を図示しないエッチングチャンバの中に配置できるようにしておく。フッ素系高分子オイル41は熱的に良導な材料であり、低蒸気圧液体でもある。そして、フッ素系高分子オイル41の中にシリコン基板30を入れる。このとき、薄肉部35の下面がフッ素系高分子オイル41に漬かり、かつ、薄肉部35の上面はフッ素系高分子オイル41に漬からないようにする。このようにして、ドライエッチング前において、フッ素系高分子オイル41に漬かった状態のシリコン基板30をエッチングチャンバの中にセットする。

【0057】尚、フッ素系高分子オイル41にシリコン基板30を漬けた後に真空引きを行ってシリコン基板30の凹部34内でのオイル内のボイド（泡）を抜くようにしてもよい。この真空引きをすることにより凹部34の内壁表面に形成される可能性のあるボイド（泡）を除去してエッチング時にボイド（泡）の存在による冷却効率の低下を抑制できる。

【0058】さらに、図15に示すように、n型エピタキシャル層32の表面（シリコン基板30の第2の表面30b）からRIEによりフォトリソグラフィ技術を用いてn型エピタキシャル層32をエッチングする。即ち、n型エピタキシャル層32の表面にマスク材38を配置し、ドライエッチングを行う（面内エッチングを行なう）。このエッチングにより、貫通孔39が形成され、この貫通孔39が図1の貫通孔4に相当するものである。

【0059】引き続き、シリコン基板30をフッ素系高分子オイル41から取り出し、洗浄してオイルの汚れを除去する。本実施の形態においても、第1の実施の形態と同じように、

（サイドエッチング幅）／（エッチング深さ）＜10であり、又、エッチング中において、薄肉部35の裏面P1での温度上昇は、最大180℃であった。

【0060】本実施の形態においては、充填物は、低蒸気圧液体であるフッ素系高分子オイル41を用いているので、ドライエッチングのときに熱が加わっても気化しにくく、エッチング環境を保持できる。

【0061】ここで、熱的に良導な材料よりなるオイル状媒体としてのフッ素系高分子オイル41の代わりに、低蒸気圧液体であるシリコン系高分子オイル等を用い

てもよい。

（第3の実施の形態）次に、第3の実施の形態を、第1の実施の形態との相違点を中心に説明する。

【0062】図16、17は、本実施の形態を示す工程図である。まず、図6、7に示したように、p型シリコン基板31の上にn型エピタキシャル層32を形成したシリコン基板（ウェハ）30に対し、凹部34を形成して凹部34の底部にn型エピタキシャル層32よりなる薄肉部35を形成する。

【0063】さらに、図16に示すように、シリコン基板30の第1の表面30a、即ち、凹部34の内壁面にクロム薄膜（Cr薄膜）50を成膜する（例えば、蒸着で成膜する）。このクロム薄膜50によりシリコン基板30の第1の表面30a全体が覆われる。クロム薄膜50は気体を透過させず、シリコン基板30のエッチングが完了するまで気体の非透過性が維持できるものである。このように、シリコン基板30に形成した薄肉部35の一方の面にクロム薄膜50が形成され、この薄肉部35でのクロム薄膜形成面が後記冷却ガスの供給面となる。

【0064】さらに、図17に示すように、ガス供給通路52およびガス排出通路53を有するベースプレート51を用意し、このベースプレート51を図示しないエッチングチャンパの中に配置できるようにしておく。そして、ベースプレート51の上にクロム薄膜50が下向きになる状態でシリコン基板30を配置する。このようにして、エッチング前において、クロム薄膜50が形成されたシリコン基板30をエッチングチャンパの中にセットする。

【0065】そして、ガス供給通路52を通して冷却ガス54を凹部34内に供給するとともにガス排出通路53を通して冷却ガスを排出する。冷却ガス54としてはヘリウム等の不活性ガスを用いる。この状態で、n型エピタキシャル層32の表面（シリコン基板30の第2の表面30b）からRIEによりフォトリソグラフィ技術を用いてn型エピタキシャル層32をエッチングする。即ち、n型エピタキシャル層32の表面にマスク材38を配置し、ドライエッチングを行う（面内エッチングを行なう）。

【0066】このエッチングにより、イオン衝撃や反応性イオンあるいはラジカルの反応により図1の貫通孔4に相当する貫通孔39が形成される。貫通孔39の形成箇所には熱が発生するが、凹部34内に冷却ガス54が供給されているのでシリコン基板30の裏面から放熱され、局所的な温度上昇を招くことはない。よって、ラジカル等とシリコン基板30との反応速度が上昇することもなく、サイドエッチングレートの増大を回避できるとともに、熱応力によるシリコン基板30や薄肉部35が変形することもなく、さらに、エッチングマスクの端部荒れおよび後退を招くこともない。このようにして、面

内エッチングの精度の悪化が未然に防止できる。又、クロム薄膜50が隔壁となって凹部34の内部は密閉状態となるとともに、貫通孔39が薄肉部35の裏面に達したときにクロム薄膜50により密閉状態は破壊されることもない。

【0067】引き続き、シリコン基板30を取出し、クロム薄膜50をウェットエッチングにより除去する。本実施の形態においても、第1の実施の形態と同じように、

（サイドエッチング幅）／（エッチング深さ）＜10であり、又、エッチング中において、薄肉部35の裏面P1での温度上昇は、最大180℃であった。

【0068】このように、本実施の形態は、以下の特徴を有する。

（イ）半導体基板としてのシリコン基板30の第1の表面30aから所定領域をエッチングして凹部34を形成し当該凹部34の底部に薄肉部35を形成し、凹部34の内壁面に、クロム薄膜50（隔壁となる分離膜）を形成し、凹部34内に冷却ガス54（冷却用流体）を供給しながら、シリコン基板30の第2の表面30bから薄肉部35での所定領域をドライエッチングして薄肉部35を貫通する貫通孔39を形成し、クロム薄膜50を除去した。

【0069】ここで、ドライエッチングの際に、クロム薄膜50にて密閉状態となった凹部34内に冷却ガス54が供給され、この冷却ガス54を介して放熱される。これにより、ドライエッチング時における基板内の局所的な温度上昇を防止できる。よって、局所的な温度上昇が起らないため、シリコン基板30に形成した薄肉部35に対するドライエッチングの加工精度の悪化を回避することができる。

【0070】又、クロム薄膜50を用いることなくシリコン基板30の第1の表面30a側から凹部34内にヘリウム等の冷却ガスを単に供給するだけでは、エッチングの終了時にできる貫通孔39により冷却ガスが表側（チャンパ内）に流出し、エッチング雰囲気を乱してしまうが、クロム薄膜50を隔壁となる分離膜として用いることにより、貫通孔39から冷却ガスが表に流出することなくドライエッチングを行うことができる。

【0071】つまり、特開平1-251735号公報等に記載された技術を用いて貫通孔形成のためのエッチング時に冷却用ガスを基板に対し供給しようとする貫通孔が基板に貫通した際に、冷却用ガスがエッチングチャンパ内に侵入してしまい正常なエッチングを行うことができなかったが、本実施の形態によれば、クロム薄膜50により分離されているので、貫通孔が基板に貫通した際に、媒体がエッチングチャンパ内に侵入することもない。

【0072】又、特開平8-165571号公報に記載の技術を用いて貫通孔形成のためのエッチングを行おう

とすると図20のシリコン基板63の凹部64の内部を埋め尽くすように冷媒密封用柔軟性シートおよびゴム状弾性体を配置することができず冷却性に劣ることとなってしまうが、本実施の形態によれば、シリコン基板30に接するクロム薄膜50を介して冷却ガス54を供給しているので冷却性の向上を図ることができる。

【0073】これまで述べた第3の実施の形態においては、冷却用流体は、気体を用いたが、液体（例えば、純水や低不純物シリコンオイル、低不純物フッ素系オイル）でもよい。

【0074】上述した各実施の形態以外にも下記のように実施してもよい。これまでの説明においては半導体基板としてシリコン基板を用いた場合について述べたが、シリコン基板の他にも、GaAs基板等であってもよい。

【0075】又、凹部34はウェットエッチングにより形成したが、ドライエッチングにより形成してもよい。又、貫通孔39を形成したドライエッチング方法としてRIEを用いたが、RIEB等を用いてもよい。

【0076】さらに、これまでの説明においてはシリコン基板30の第1の表面30aから所定領域をエッチングして凹部34を形成し凹部34の底部に薄肉部35を形成する場合を述べたが、これに限ることなく、例えば、貫通孔を有する第1のシリコン基板と貫通孔の無い第2のシリコン基板とを貼り合わせることで、一部の領域に薄肉部を有する半導体基板としてもよい。

【0077】さらには、角速度センサの他のものに応用してもよい。つまり、シリコン基板やGaAs基板等を加工してカンチレバーや両持ち梁等の梁構造を形成する加速度・角速度センサ等のマイクロマシンの加工に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

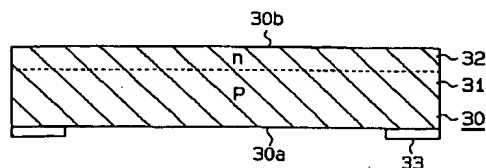
【図1】第1の実施の形態の半導体角速度センサの斜視図。

【図2】振動子を示す拡大図。

【図3】図2のA矢視方向から見た側面図。

【図4】図2のIV-IV断面図。

【図6】



【図5】動作原理を説明するための斜視図。

【図6】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図7】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図8】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図9】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

10 【図10】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図11】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図12】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図13】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図14】第2の実施の形態における半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

20 【図15】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図16】第3の実施の形態における半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図17】半導体角速度センサの製造工程を説明するための断面図。

【図18】従来技術を説明するための断面図。

【図19】従来技術を説明するための断面図。

【図20】従来技術を説明するための断面図。

【図21】従来技術を説明するための断面図。

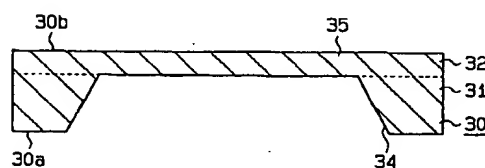
30 【図22】従来技術を説明するための断面図。

【図23】従来技術を説明するための断面図。

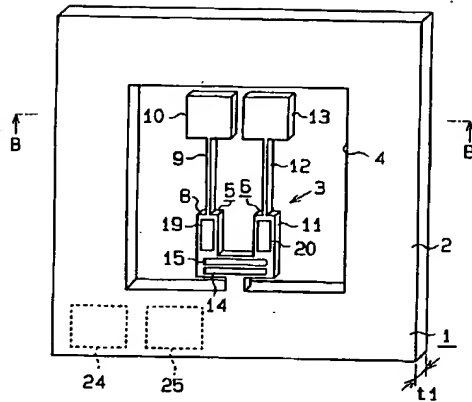
【符号の説明】

30…シリコン基板、30a…第1の表面、30b…第2の表面、34…凹部、35…薄肉部、36…シリコン樹脂、39…貫通孔、41…フッ素系高分子オイル、50…クロム薄膜、54…冷却ガス

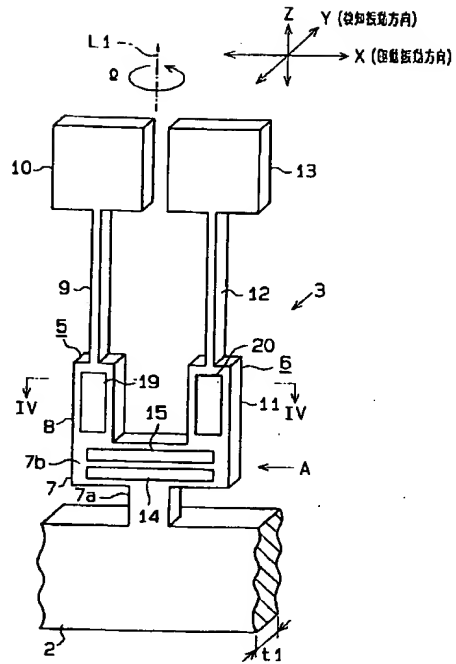
【図7】



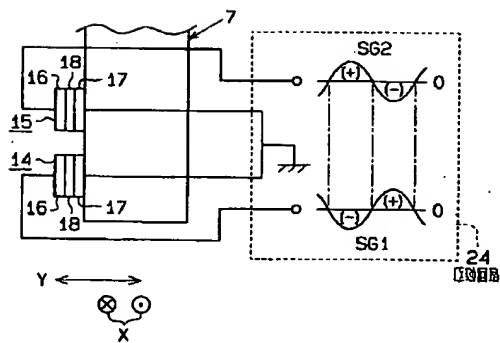
【図1】



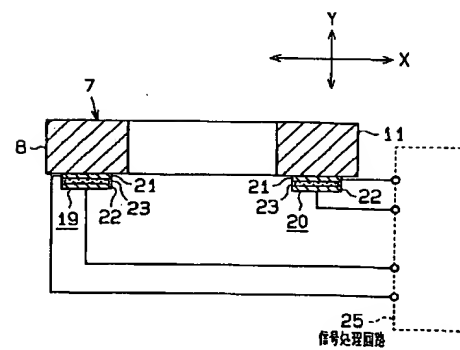
【図2】



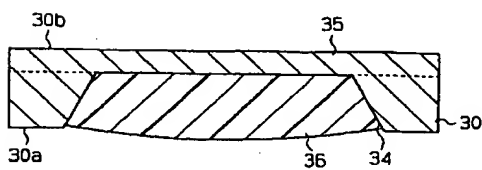
【図3】



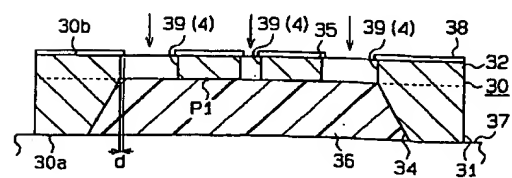
【図4】



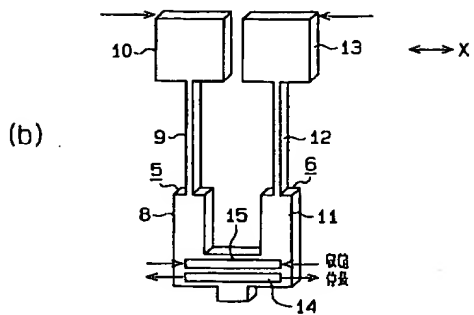
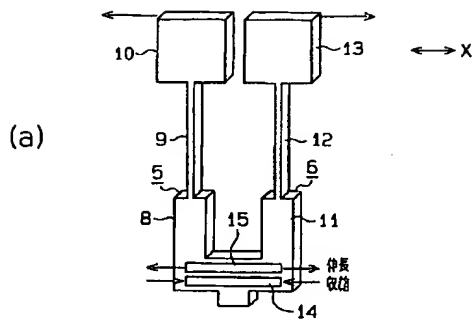
【図8】



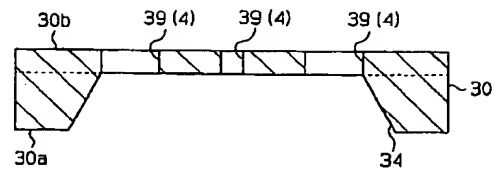
【図9】



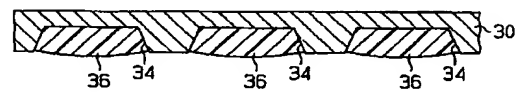
【図5】



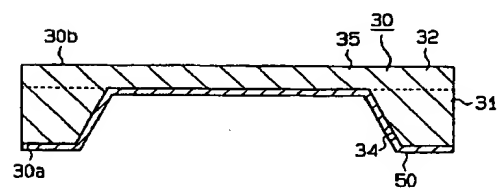
【図10】



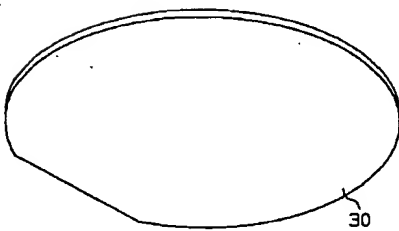
【図13】



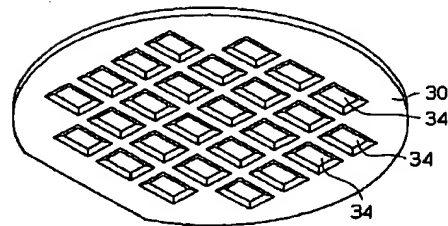
【図16】



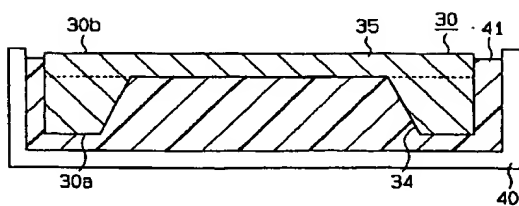
【図11】



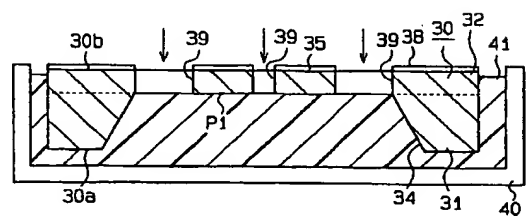
【図12】



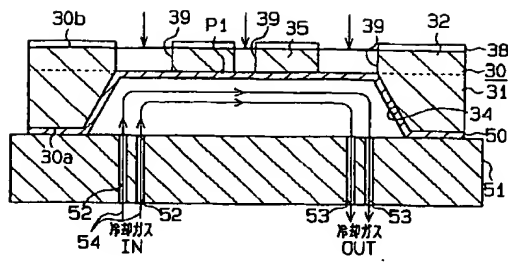
【図14】



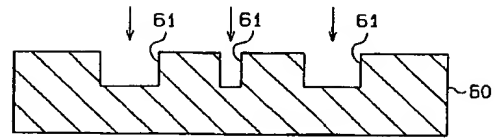
【図15】



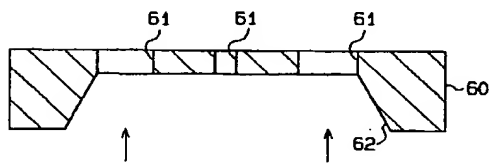
【図17】



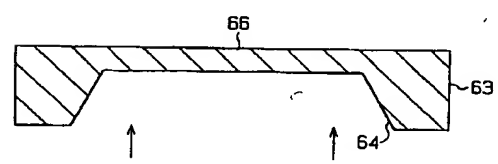
【図18】



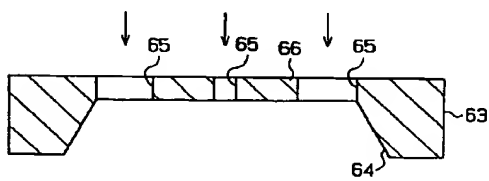
【図19】



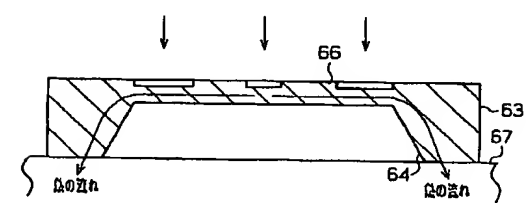
【図20】



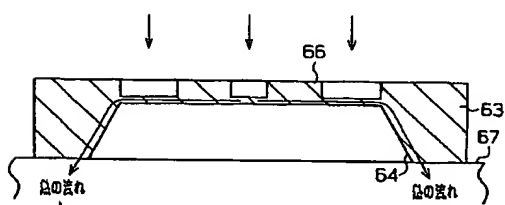
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 1 L 41/22

49/00

識別記号

片内整理番号

F I

H 0 1 L 41/08

41/22

技術表示箇所

Z

Z

(72)発明者 吉野 好
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内